

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE MEDICINA
HOSPITAL UNIVERSITARIO
"DR. JOSE ELEUTERIO GONZALEZ"**



**EFFECTOS DE LA HEMOTRANSFUSIÓN EN EL ÍNDICE DE EXTRACCIÓN DE
OXÍGENO EN PACIENTES QUIRÚRGICOS**

T E S I S

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN
ANESTESIOLOGIA**

AUTOR:

DR. VICTOR ALFONSO ELIZONDO LEAL

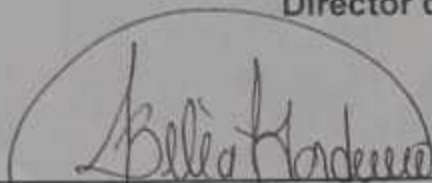
**MONTERREY, NUEVO LEÓN
ENERO 2020**

EFFECTOS DE LA HEMOTRANSFUSIÓN EN EL ÍNDICE DE EXTRACCIÓN DE
OXÍGENO EN PACIENTES QUIRÚRGICOS

Aprobación de la tesis:



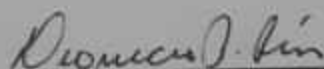
Dra. med. Ana María Espinoza Galindo
Director de la tesis



Dra. med. Belia Inés Garduño Chávez
Coordinador de Enseñanza



Dr. Gustavo González Cordero
Coordinador de Investigación



Dr. Med. Dionicio Palacios Rios
Jefe de Servicio de Anestesiología



Dr. med. Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado



RECTOR

SECRETARIO GENERAL

SECRETARIO ACADEMICO

DIRECTOR GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, porque valoro todo su amor, esfuerzo, sacrificio, apoyo y soporte incondicional que me han dado. Éste logro es también de ustedes.

A mi amada esposa Angeles, por su fortaleza para soportar todas las horas que no pude acompañarla y por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión cariño y amor.

A mi hermosa bebe Victoria, que posiblemente en este momento no entienda mis palabras, pero para cuando sea capaz, quiero que entienda lo que significa para mí. Es la razón de que me levante cada día esforzándome por el presente y el mañana, es mi principal motivación.

A mis maestros, por sus enseñanzas, paciencia, experiencia y apoyo.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	5
LISTA DE ABREVIATURAS	8
CAPITULO I	10
1.1 RESUMEN.....	10
CAPITULO II	15
2.1 INTRODUCCIÓN.....	15
2.2 ANTECEDENTES.....	16
CAPITULO III	19
3.1 JUSTIFICACIÓN.....	19
3.2 HIPÓTESIS	19
3.2.1 Hipótesis:.....	19
3.2.2 Hipótesis nula:	20
CAPITULO IV.....	21
4.1 OBJETIVOS	21
4.1.1 Objetivo general:	21
4.1.2 Objetivos específicos.....	21

CAPITULO V.....	22
5.1 MATERIALES Y MÉTODOS	22
5.1.1 Diseño metodológico del estudio.....	22
5.1.2 Criterios de inclusión	22
5.1.3 Criterios de exclusión	23
5.1.4 Criterios de eliminación	24
5.1.5 Tamaño de la muestra y fundamento del cálculo	24
5.1.6 Descripción del protocolo	25
CAPITULO VI.....	28
6.1 RESULTADOS	28
CAPITULO VII.....	32
7.1 DISCUSIÓN.....	32
CAPITULO VIII.....	35
7.1 CONCLUSIONES	35
CAPITULO IX.....	36
9.1 ANEXOS.....	36
9.1.1 ANEXO 1	36
9.1.2 ANEXO 2.....	36

9.1.3 ANEXO 3.....	37
9.1.3 ANEXO 4.....	38
CAPITULO X.....	39
10.1 Referencias	39

LISTA DE ABREVIATURAS

IEO₂: índice de extracción de oxígeno

CE: concentrado eritrocitario

CVC: catéter venoso central

Hb: hemoglobina

UCI: unidad de cuidados intensivos

DO₂: disponibilidad de oxígeno

CaO₂: contenido de oxígeno arterial

VO₂: consumo de oxígeno

CvO₂: contenido de oxígeno venoso

SvO₂: saturación de oxígeno venoso mixto

SaO₂: saturación arterial de oxígeno

ScvO₂: saturación venosa central

PO₂: presión parcial de oxígeno

CvO₂: contenido venoso de oxígeno

CaO₂: concentración arterial de oxígeno

DavO₂: diferencia arterio venosa de oxígeno

DvaCO₂: diferencia venosa arterial de dióxido de carbono,

D_{vaCO_2}/D_{avO_2} : diferencia venosa arterial de dióxido de carbono entre
diferencia arterio venosa de oxígeno

CAPITULO I

1.1 RESUMEN

Dr. Victor Alfonso Elizondo Leal

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Medicina

Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”

Título del Estudio: Efectos de la hemotransfusión en el índice de extracción de oxígeno en pacientes quirúrgicos

Número de páginas: 35

Candidato para el grado de Especialidad en Anestesiología

Área de Estudio: Anestesiología

Frecuentemente la decisión de administrar un concentrado eritrocitario durante el sangrado perioperatorio se basa en un nivel determinado de hemoglobina (Hb) y el contexto clínico, principalmente ante la sospecha de hipovolemia secundaria a pérdida sanguínea. Dentro de los múltiples indicadores para iniciar una hemotransfusión se ha propuesto el Índice de extracción de oxígeno con un valor de 40-50%, ya que esta refleja un déficit en el aporte de oxígeno. El presente estudio es realizado para establecer si existe relación entre la disminución del índice de extracción de oxígeno y la

administración de concentrado eritrocitario en pacientes que se encuentran en el periodo perioperatorio usando la saturación venosa central en lugar de la saturación venosa mixta para el cálculo del índice de extracción de oxígeno (IEO₂).

OBJETIVOS

1. Objetivo general: Describir la modificación del IEO₂ posterior a la administración de concentrado eritrocitario (CE).

2. Objetivos específicos:

- Determinar si en los pacientes con un IEO₂ mayor de 45% este valor disminuye en mayor medida posterior a la administración de paquete globular, en comparación con los pacientes cuyo valor es menor de 45%
- Describir las variaciones en el IEO₂ al término de la transfusión.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño metodológico: cohorte

Tipos de Estudio: prospectivo, analítico, observacional

Criterios de inclusión:

- Procedimiento quirúrgico de cualquier especialidad, tanto urgentes como electivos

- Cualquier género.
- De 18 a 65 años.
- Paciente programado para un procedimiento quirúrgico considerado de riesgo intermedio o alto de acuerdo con las guías actualizadas de la ACC/AHA para evaluación cardiovascular perioperatoria para cirugía no cardíaca del 2014 (1); electivo o de urgencia. (ANEXO1)
- ASA I a III (2) (ANEXO 2).
- Pacientes que tengan o requerirán catéter venoso central (CVC) subclavio o yugular.
- Procedimientos de cirugía general: colectomía total, gastrectomía total, resección abdominopélvica, resección multiorgánica, reparación de perforación gástrica, cirugía de Whipple, resección de tumoración retroperitoneal, hepatectomía, pancreatectomía.
- Procedimientos de urología: nefrectomía radical, adrenalectomía, prostatectomía suprapúbica.
- Procedimientos de traumatología y ortopedia: cirugía de columna dorsal y lumbar amplia, desarticulación de miembro pélvico.
- Procedimientos de otorrinolaringología: disección radical de cuello.
- Procedimientos de neurocirugía: resección de tumoración craneal.

Criterios de exclusión

Serán excluidos todos los pacientes con:

- Alcoholismo, tabaquismo o alguna toxicomanía.
- Negativa para participar en el estudio.
- Uso de anticoaguentes o antiagregantes plaquetarios.
- Sépticos.
- Anémicos
- Hepatopatías o trastornos de la coagulación.
- Alteración previa en el gasto cardiaco.
- Alteración hematológica.
- Traumatismo craneoencefálico.
- Cirugía de trasplante, cardiovascular o pulmonar.
- Gestantes o en puerperio.

Criterios de eliminación:

- Sangrado masivo durante el procedimiento quirúrgico (ANEXO 3) (4).
- Diagnóstico nuevo de discrasias sanguínea.
- Transfusión de 3 o más paquetes globulares.

- Procedimientos en que se interrumpa el flujo sanguíneo de vena cava superior o inferior.

Descripción del diseño:

El Comité de Ética en Investigación del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” de la Universidad Autónoma de Nuevo León evaluó y aprobó este estudio realizado en el periodo comprendido de marzo a octubre del 2019 registrado con la clave de registro AN18-00006 (ANEXO 4).

Se documentaron la frecuencia cardiaca, presión arterial, saturación arterial de oxígeno, el número de paquetes transfundidos y los resultados de gasometría venosa central y arterial los cuales se realizaron al inicio de procedimiento, previo a la administración del hemoderivado y dentro de los 15 minutos posteriores al término de la administración.

Directora de tesis: Dra. med. Ana María Espinoza Galindo

CAPITULO II

2.1 INTRODUCCIÓN

El manejo del sangrado perioperatorio es un área clínica compleja y cambiante que requiere evaluaciones múltiples y estrategias apropiadas para optimizar las condiciones clínicas del paciente.

En la práctica de la medicina transfusional es frecuente el uso de un valor definido de hemoglobina como indicador de transfusión de concentrado eritrocitario; no obstante, no existe un consenso entre las diversas sociedades médicas. Las directrices de la Sociedad Europea de Anestesiología sugieren una concentración de hemoglobina de 7.0 – 9.0 g/dL durante el sangrado perioperatorio activo (3). Las pautas de Sociedad Americana de Anestesiología (ASA por sus siglas en inglés) sugieren una concentración de Hb de 6 a 10 g/dL, dependiendo del estado clínico del paciente (4). La National Blood Authority de Australia recomienda en ausencia de isquemia aguda de miocardio o cerebrovascular, la transfusión postoperatoria puede ser inapropiada para pacientes con un nivel de Hb > 8 g/dL. Los pacientes no deben recibir una transfusión cuando el nivel de Hb es ≥ 10 g/dL (5). Sin embargo, dichas fuentes sugieren no tomar los niveles de Hb como único factor para la decisión de iniciar transfusión de sangre alogénica.

El sangrado afecta el suministro de sangre a órganos y tejidos (debido a la hipovolemia), así como a la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre (a causa de la anemia) (3). La Organización Mundial de la Salud define anemia

clínica a una cifra de Hb menor de 13 g/dL en hombres, 12 g/dL en mujeres y 11 g/dL en mujeres gestantes (6).

El principal fundamento de transfusión de CE es aumentar la capacidad de transporte de oxígeno, reducir la morbilidad y mortalidad, además de mejorar la capacidad funcional resultante de la anemia y del inadecuado aporte de oxígeno a los tejidos (7).

La transfusión de sangre alogénica implica riesgos tales como: daño pulmonar asociada a transfusión (TRALI por sus siglas en inglés), reacciones transfusionales hemolíticas, sepsis asociada a transfusión y transmisión de otras enfermedades infecciosas como virus de inmunodeficiencia humana, hepatitis B, hepatitis C, citomegalovirus, parvovirus B19, *Treponema pallidum*, enfermedad por priones (8). Se ha vinculado la terapia de transfusión y el número de unidades transfundidas a un mayor riesgo de mortalidad y estadía prolongada en unidad de cuidados intensivos (UCI) y en el hospital (9) (10). Aunado a los riesgos inherentes de la transfusión sanguínea también se presentan elevados costos y el suministro depende de la donación altruista (11) (12) (13) (14).

2.2 ANTECEDENTES

Cuando la Hb disminuye, el cuerpo activa múltiples mecanismos compensatorios fisiológicos, con el objetivo de aumentar el gasto cardíaco (GC) y mejorar la disponibilidad de oxígeno (DO_2) para cumplir con el consumo de oxígeno (VO_2). Estos mecanismos compensatorios son limitados, varían dentro

y entre los individuos y están influenciados por diferentes circunstancias fisiológicas (15).

El IEO_2 es la cantidad de oxígeno consumido (VO_2), como una fracción de DO_2 ; este último es un producto del GC y del contenido de oxígeno arterial (CaO_2). El VO_2 es esencialmente la diferencia entre el CaO_2 y el contenido de oxígeno venoso (CvO_2); el CvO_2 está determinado principalmente por la concentración de Hb y la saturación de oxígeno venoso mixto (SvO_2), mientras que el CaO_2 está determinado por la concentración de Hb y la saturación arterial de oxígeno (SaO_2) (16).

El valor normal IEO_2 es de 25-30% y se usa como un marcador para la extracción de oxígeno en el tejido, y se espera que eleve en la presencia de un aumento del VO_2 o una disminución del DO_2 . (17). Cuando la IEO_2 excede el 40% al 50%, el nivel de DO_2 comienza a agotarse, produciendo disoxia tisular, un estado dependiente de VO_2/DO_2 y evidencia de déficit de oxígeno (18).

Para calcular la IEO_2 , se requiere de la medición de la saturación venosa mixta (SvO_2) por medio de un catéter de arteria pulmonar; en cambio, la medición de la saturación venosa central ($ScvO_2$) se puede obtener de manera más sencilla, con menor costo y riesgo mediante un catéter venoso central (19). Esta reportado que la $ScvO_2$ tiene un valor menor que la SvO_2 en aproximadamente 2% a 3%, en gran parte debido a la menor tasa de extracción de oxígeno por los riñones (19). A pesar de que los valores absolutos difieren, las tendencias en $ScvO_2$ reflejan estrechamente las tendencias en SvO_2 (20) (21).

CAPITULO III

3.1 JUSTIFICACIÓN

A pesar del uso rutinario y difundido del nivel de Hb como criterio de administración de CE, este valor no refleja el punto crítico en cual aumentaría o disminuiría el transporte y aporte de oxígeno.

Establecer si existe relación entre la disminución del IEO_2 y la administración de CE en pacientes que se encuentran en el periodo transoperatorio usando la $ScvO_2$ en lugar de la SvO_2 para el cálculo del IEO_2 ayudaría a determinar un valor de IEO_2 a partir del cual se beneficie en mayor medida el estado clínico del paciente con la administración del hemoderivado.

El uso optimizado de los CE representaría una disminución en los costos además de una menor incidencia en las complicaciones relacionadas con su administración.

3.2 HIPÓTESIS

3.2.1 Hipótesis:

La administración de CE modificará el IEO_2 a partir de un punto de corte mayor al 45%.

3.2.2 Hipótesis nula:

La administración de CE no modificará el IEO_2 a partir de un punto de corte mayor al 45%.

CAPITULO IV

4.1 OBJETIVOS

4.1.1 Objetivo general:

Describir la modificación del IEO_2 posterior a la administración paquetes globular.

4.1.2 Objetivos específicos

- Determinar si en los pacientes con un IEO_2 mayor de 45% este valor disminuye en mayor medida posterior a la administración de paquete globular, en comparación con los pacientes cuyo valor es menor de 45%.
- Describir las variaciones en el IEO_2 al término de la transfusión.

CAPITULO V

5.1 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1.1 Diseño metodológico del estudio

Estudio de cohorte prospectivo observacional realizado en pacientes quirúrgicos en el periodo transoperatorio manejados por el Servicio de Anestesiología del Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González. Con la finalidad de describir la modificación del IEO₂ posterior a la administración de CE.

5.1.2 Criterios de inclusión

- Procedimiento quirúrgico de cualquier especialidad, tanto urgentes como electivos.
- Cualquier género.
- De 18 a 65 años.
- Paciente programado para un procedimiento quirúrgico considerado de riesgo intermedio o alto de acuerdo con las Guías actualizadas de la ACC/AHA para evaluación cardiovascular perioperatoria para cirugía no cardíaca del 2014 (1); electivo o de urgencia. (ANEXO1)
- ASA I a III (2) (ANEXO 2).
- Pacientes que tengan o requerirán CVC subclavio o yugular.

- Procedimientos de cirugía general: colectomía total, gastrectomía total, resección abdominopélvica, resección multiorgánica, reparación de perforación gástrica, cirugía de Whipple, resección de tumoración retroperitoneal, hepatectomía, pancreatectomía.
- Procedimientos de urología: nefrectomía radical, adrenalectomía, prostatectomía suprapúbica.
- Procedimientos de traumatología y ortopedia: cirugía de columna dorsal y lumbar amplia, desarticulación de miembro pélvico.
- Procedimientos de otorrinolaringología: disección radical de cuello.
- Procedimientos de neurocirugía: resección de tumoración craneal.

5.1.3 Criterios de exclusión

- Alcoholismo, tabaquismo o alguna toxicomanía.
- Negativa para participar en el estudio.
- Uso de anticoagulantes o antiagregantes plaquetarios.
- Sépticos.
- Anémicos.
- Hepatopatías o trastornos de la coagulación.
- Alteración previa en el gasto cardíaco.

- Alteración hematológica.
- Traumatismo craneoencefálico.
- Cirugía de trasplante, cardiovascular o pulmonar.
- Gestantes o en puerperio.

5.1.4 Criterios de eliminación

- Sangrado masivo durante el procedimiento quirúrgico (ANEXO 3) (4).
- Diagnóstico nuevo de discrasias sanguínea.
- Transfusión de 3 o más paquetes globulares.
- Procedimientos en que se interrumpa el flujo sanguíneo de vena cava superior o inferior.

5.1.5 Tamaño de la muestra y fundamento del cálculo

ESTIMACIÓN DE MEDIA EN DOS POBLACIONES				
$n = \frac{K(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$				
valor K	10.5	110.25	254.625	
sigma 1	4.5	20.25	24.25	n = 10.185
sigma 2	2	4		
valor μ_1	9	25		
valor μ_2	4			

Se realizó un cálculo de tamaño de muestra para la determinación de la eficacia de la hemotransfusión en la disminución del IEO₂ en sujetos sometidos a cirugía de cualquier tipo consideradas de riesgo intermedio o alto. El abordaje realizado para el cálculo de la muestra fue el estimar la disminución esperada en el IEO₂ en sujetos con IEO₂ mayor y menor a 45%. Se estima que el promedio de disminución en pacientes con IEO₂ previo será de 9% +/- 4.5% mientras que en sujetos con IEO₂ inicial menor a 45% se espera una disminución promedio de 4% +/- 2% concluyendo que se necesitan al menos 11 pacientes por cada grupo de estudio para establecer la hipótesis del estudio y asegurar la validez metodológica.

5.1.6 Descripción del protocolo

El Comité de Ética en Investigación del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” de la Universidad Autónoma de Nuevo León evaluó y aprobó este estudio realizado en el periodo comprendido de marzo a octubre del 2019 registrado con el número de registro AN18-00006 (ANEXO 4).

Se documentaron la frecuencia cardiaca, presión arterial, saturación arterial de oxígeno, el número de paquetes transfundidos y los resultados de gasometría venosa central y arterial los cuales se realizaron al inicio de procedimiento, previo a la administración del hemoderivado y dentro de los 15 minutos posteriores al término de la administración. Todas las gasometrías sanguíneas fueron analizadas en el área de laboratorio de gases del departamento de Patología clínica con un sistema de gases en sangre RAPIDPoint® 500 (Siemens Healthcare Diagnostics Inc. 511 Benedict Avenue Tarrytown, NY 10591-5005 USA). Debido a que no existe protocolo de transfusión establecido en nuestra institución la decisión de transfundir fue hecha por el Residente de Anestesiología de acuerdo con su juicio clínico y con autorización de un profesor del Servicio de Anestesiología.

Se determinaron los parámetros basados en los siguientes cálculos (22).:

- $CaO_2: (Hb \times 1.34 \times SaO_2) + (PO_2 \text{ arterial} \times 0.0031)$
- $CvO_2: (Hb \times 1.34 \times ScvO_2) + (PO_2 \text{ venosa central} \times 0.0031)$
- Diferencia arteriovenosa de oxígeno ($Da-vO_2$): $CaO_2 - CvO_2$
- $IEO_2: (Da-vO_2/CaO_2) \times 100$

Donde CaO_2 se refiere a contenido de oxígeno arterial, Hb a hemoglobina, PO_2 a presión parcial de oxígeno, CvO_2 a contenido de oxígeno venoso, SaO_2 a saturación arterial de oxígeno, $ScvO_2$ a saturación venosa central.

Los valores de IEO_2 fueron calculados al momento de realizar el análisis estadístico. Los médicos encargados del caso fueron cegados a los resultados obtenidos del IEO_2 al momento del procedimiento quirúrgico.

Se ha sugerido el IEO_2 de 50% a 60% como valor crítico que refleje un déficit en el aporte de oxígeno (18), y de 40 a 50% en el periodo intraoperatorio y en unidad de cuidados intensivos (7), por lo cual nosotros proponemos el valor de 45% de IEO_2 debido a que es un valor temprano y seguro de déficit de oxígeno, además tomar en consideración que las pérdidas sanguíneas y las modificaciones en la DO_2 y VO_2 suelen ser más súbitas en el ámbito transoperatorio.

Durante el análisis estadístico al determinar IEO_2 de los casos, estos fueron divididos en dos clases dependiendo de su resultado: con $\text{IEO}_2 < 45\%$ y aquellos con $\text{IEO}_2 \geq 45\%$.

Los resultados de laboratorio fueron comparados pre y postransfusión entre ambos grupos con la prueba estadística T de student pareada y se consideró significación estadística con $p < 0.05$. Se utilizó el programa SPSS versión 23.0 para Windows.

CAPITULO VI

6.1 RESULTADOS

Se incluyeron treinta pacientes programados para un procedimiento quirúrgico electivo, de los cuales se eliminaron cinco por presentar sangrado masivo y seguimos a veinticinco pacientes, catorce hombres (56%) y once mujeres (44%) (ver tabla A). Previo a la transfusión, dieciséis pacientes (64%) presentaron un $\text{IEO}_2 < 45\%$ con una media de $26.8 \pm 8.06\%$ y nueve pacientes (36%) reportaron un $\text{IEO}_2 \geq 45\%$ con una media de $50.07 \pm 5.12\%$. La media de Hb en sangre venosa pretransfusión en el grupo de $\text{IEO}_2 < 45\%$ fue de 9.2 ± 2.2 g/dL (5.9 g/dL a 12.4 g/dL), mientras que en el grupo de $\text{IEO}_2 \geq 45\%$, fue de 8.8 ± 1.7 g/dL (5.6 g/dL a 13.0 g/dL); la media del sangrado perioperatorio fue de 600 ml (362 a 787.5 ml) y de 700 ml (350 a 1100 ml), respectivamente. Los pacientes recibieron un promedio de 1.77 ± 0.59 paquetes globulares, con un rango de 1 a 3; ningún paciente fue transfundido con sangre total.

Los resultados reportados postransfusión mostraron una media de $29.31 \pm 9.03\%$ ($P= 0.14$) y $36.19 \pm 8.29\%$ ($P= 0.003$) para el grupo de $\text{IEO}_2 < 45\%$ y $\geq 45\%$, respectivamente, evidenciando una diferencia estadísticamente significativa para el segundo grupo. La Hb postransfusión de sangre venosa reportó una media 10.2 ± 1.5 g/dL (8.4 g/dL a 13.3 g/dL) en el grupo de $\text{IEO}_2 < 45\%$, y una media de 10.2 ± 1.5 g/dl (8.1 g/dL a 11.2 g/dL) en el grupo de $\text{IEO}_2 \geq 45\%$. La diferencia de las cifras reportadas de hemoglobina en sangre venosa pre y postransfusión fueron estadísticamente significativas en ambos grupos. La

hemoglobina en sangre arterial se muestra en la tabla B.

Tabla A. Valores demográficos

Variable	Pacientes con IEO ₂ < a 45% antes de la transfusión sanguínea (n=16)	Pacientes con IEO ₂ ≥ a 45% antes de la transfusión sanguínea (n=9)	P
Sexo			
Masculino	9	5	0.435
Femenino	7	4	
Edad	47.3 ± 17.5	51.2 ± 17.4	0.604
Peso	71.0 ± 11.3	77.6 ± 16.4	0.251
Estatura	1.64 ± 0.07	1.64 ± 0.10	0.96
Paquetes trasfundidos			
1	6	2	0.134
2	10	5	
3	0	2	
Sangrado	600 (362-787.5)	700 (350-1100)	0.487
Diferencia O ₂ ER*	3.36 (-3.03 - 7.55)	*-10.26 (-23.93 - -5.77)	<0.001*

* P < 0.05

*O₂ER: Índice de extracción de oxígeno

Otro hallazgo es el aumento de la ScvO₂ posterior a la hemotransfusión cuando el IEO₂ es mayor al 45% (ver tabla B). Dentro de los niveles de lactato, en el grupo de pacientes con IEO₂ < a 45%, se observaron cambios significativos

pre y postransfusión, mas no en el grupo con IEO₂ > a 45%. Mientras que, en la DavO₂, presentó cambios estadísticamente significativos pre y postransfusión en ambos grupos. No se observaron diferencias pre y postransfusión del DvaCO₂/DavO₂ en ambos grupos.

Tabla B. Variables de laboratorio

Pacientes con IEO2 < a 45% antes de la transfusión sanguínea (n=16)				Pacientes con IEO2 ≥ a 45% antes de la transfusión sanguínea (n=9)			
Gasometría venosa							
Variable	Pretransfusión	Postransfusión	P	Variable	Pretransfusión	Postransfusión	P
pH	7.34 ± 0.08	7.29 ± 0.07	0.001*	pH	7.33 ± 0.08	7.31 ± 0.09	0.28
PO ₂	43.5 ± 6.1	43.6 ± 7.1	0.935	PO ₂	37.4 ± 12.4	36.6 ± 7.6	0.873
PCO ₂	39.9 ± 8.2	41.8 ± 7.0	0.029*	PCO ₂	43.7 ± 11.1	43.3 ± 4.1	0.902
Lactato	1.75 ± 0.88	2.23 ± 1.14	0.028*	Lactato	2.23 ± 1.36	2.01 ± 1.03	0.586
Hb	9.2 ± 2.2	10.2 ± 1.5	0.02*	Hb	8.8 ± 1.7	10.2 ± 1.5	0.004*
Hto	30.0 ± 7.0	32.3 ± 5.4	0.128	Hto	28.7 ± 5.4	33.0 ± 4.8	0.005*
ScvO ₂	75 ± 8.7	72.6 ± 10.9	0.188	ScvO ₂	53.1 ± 5.6	61.8 ± 10.8	0.021*
Gasometría arterial							
Variable	Pre	Post	P	Variable	Pre	Post	P
pH	7.39 ± 0.09	7.35 ± 0.07	0.003*	pH	7.38 ± 0.09	7.36 ± 0.09	0.574
PO ₂	158.1 ± 54.6	152.5 ± 46.0	0.732	PO ₂	156.9 ± 48.3	168 ± 75.4	0.437
PCO ₂	34.1 ± 7.6	34.56 ± 5.7	0.701	PCO ₂	35.9 ± 8.2	36.1 ± 5.0	0.916

Lactato	1.59 ± 0.84	2.10 ± 1.18	0.02 9*	Lactato	2.04 ± 1.02	1.77 ± 0.94	0.43 7
Hb	9.4 ± 2.3	10.3 ± 1.7	0.08 8	Hb	9.2 ± 1.1	10 ± 1.2	0.03 5*
Hto	28.8 ± 7.2	32.9 ± 5.9	0.04 2*	Hto	29.5 ± 3.7	32.2 ± 4.1	0.02 2*
ScvO ₂	98.7 ± 2.5	98.3 ± 2.0	0.27 6	ScvO ₂	98.9 ± 1.8	97.7 ± 3.3	0.16 8
Variables calculadas							
Variable	Pre	Post	P	Variable	Pre	Post	P
CvO ₂	9.28 ± 2.10	9.80 ± 1.97	0.31 4	CvO ₂	6.31 ± 0.68	8.52 ± 1.59	0.00 2*
CaO ₂	12.76 ± 2.75	13.99 ± 2.24	0.04 2*	CaO ₂	12.73 ± 1.57	13.54 ± 1.39	0.05 6
DavO ₂	3.45 ± 1.44	4.23 ± 1.60	0.01 4*	DavO ₂	6.42 ± 1.33	4.90 ± 1.13	0.02 4*
IEO ₂	26.81 ± 8.06	29.31 ± 9.03	0.14	IEO ₂	50.07 ± 5.12	36.19 ± 8.29	0.00 3*
DvaCO ₂	5.75 ± 1.77	7.25 ± 2.93	0.03 8*	DvaCO ₂	7.80 ± 4.23	8.20 ± 3.32	0.80 4
DvaCO ₂ /D avO ₂	1.91 ± 0.80	1.87 ± 0.86	0.86 5	DvaCO ₂ /D avO ₂	1.23 ± 0.67	1.73 ± 0.99	0.26 2

* P ≤ 0.05

PO₂ = presión arterial de oxígeno, PCO₂ = presión arterial de dióxido de carbono, ScvO₂ = saturación venosa central, CvO₂ = contenido venoso de oxígeno, CaO₂ = concentración arterial de oxígeno, DavO₂ = diferencia arterio venosa de oxígeno, IEO₂ = índice de extracción de oxígeno, DvaCO₂ = diferencia venosa arterial de dióxido de carbono, DvaCO₂/DavO₂ = diferencia venosa arterial de dióxido de carbono entre diferencia arterio venosa de oxígeno

CAPITULO VII

7.1 DISCUSIÓN

En nuestro estudio encontramos que el nivel de IEO_2 se modifica en relación con la cifra de IEO_2 previa a la hemotransfusión, siendo más notable cuando se encuentra por arriba de 45% de IEO_2 . Nasser et al. encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el IEO_2 y la $ScvO_2$ pre y postransfusión cuando el IEO_2 era mayor de 40% o 50% pero no en el grupo de con $IEO_2 < 40\%$ (23)

Nuestros hallazgos demuestran que incorporar la cifra de IEO_2 en la toma de decisiones para iniciar hemotransfusión disminuirán la necesidad de hemocomponentes ante pacientes quirúrgicos. De igual manera Sehgal et al. demostraron que usar el IEO_2 como indicador de transfusión puede reducir potencialmente el número de transfusiones sanguíneas; manifestaron que de haber usado un valor de IEO_2 de 50% de su grupo de estudio, 7 de 41 pacientes hubiesen sido transfundidos (24).

Durante un procedimiento quirúrgico se puede presentar una pérdida hemática considerable que puede generar repercusiones en el estado hemodinámico del paciente llegando a disminuir la DO_2 , originando hipoxia y por ende la necesidad de administrar CE (25). Se puede asumir, ante una situación clínica en la que contemos con un valor de IEO_2 menor de 45% en ausencia de falla orgánica, que afecte a algún sistema implicado en el DO_2 , o ante un

sangrado masivo actual; no habrá beneficio en la administración de hemotransfusión con la finalidad de aumentar el transporte de oxígeno para satisfacer las demandas metabólicas, independiente de la cifra de hemoglobina.

El usar la ScvO₂ obtenida por CVC tiene la ventaja de evitar los riesgos inherentes a la colocación de un catéter de arteria pulmonar que es requerido para la medición de SvO₂. Un estudio realizado por Scheinman et al. evidencia que existe una buena correlación entre los cambios entre la ScvO₂ y SvO₂; sin embargo, esta diferencia se incrementa hasta un 10% en pacientes con falla cardiaca o choque cardiogénico (26).

Podemos estar ante una situación clínica en que nos encontremos con un IEO₂ dentro de parámetros normales (menor de 30%) y presentar hipoxia tisular por alteración severa de las capacidades en la extracción de oxígeno como se puede presentar en pacientes sépticos (27).

La administración de CE puede aumentar la DO₂ pero no necesariamente aumentaría el VO₂ (28). Un problema actual es que no hay forma de identificar de manera prospectiva los pacientes que responderían a la transfusión de sangre con aumento de VO₂ (29). El IEO₂ es un marcador de oxigenación global, no refleja la utilización de oxígeno de un órgano en específico en contexto individual; por lo que no descarta la necesidad de hemotransfusión ante un valor bajo de IEO₂.

El gasto cardiaco y la temperatura corporal central son variables que no pudieron ser documentadas al momento del estudio ya que no se contaba con

herramientas para su medición; y son factores que afectarían el IEO_2 al modificar la DO_2 y el VO_2 (28). Seguiremos investigando, incluyendo parámetros que ayuden a la decisión de transfundir un paciente.

CAPITULO VIII

7.1 CONCLUSIONES

Concluimos en base a los resultados que existe un cambio estadístico significativo en el IEO₂ posterior a la administración de concentrado eritrocitario en el periodo transoperatorio cuando se presenta una cifra mayor de $\geq 45\%$.

El IEO₂ es un parámetro adicional a la cifra de hemoglobina, pudiera ser una guía en la toma de decisiones de transfundir un paciente

CAPITULO IX

9.1 ANEXOS

9.1.1 ANEXO 1

Estratificación de riesgo de procedimientos quirúrgicos no cardíacos (modificado de ACC/AHA Task Force [12])

Alto	Intermedio	Bajo
<ul style="list-style-type: none"> - Cirugía de emergencia. - Cirugía aórtica. - Cirugía vascular de miembros inferiores. - Cirugía prolongada, asociada con grandes pérdidas de sangre y/o líquidos. - Procedimiento muy radical de tórax o hemiabdomen superior. - Procedimiento intracraneano. 	<ul style="list-style-type: none"> - Endarterectomía carotídea. - Cirugía de cabeza y cuello. - Cirugía intratorácica o intraperitoneal, que no reúna condiciones de alto riesgo. - Cirugía ortopédica. - Cirugía prostática. - Cirugía ginecológica pelviana. - Cirugía laparoscópica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Procedimiento endoscópico. - Cirugía de piel o superficial. - Cirugía oftalmológica. - Cirugía otorrinolaringológica. - Cirugía de mama. - Colocación de marcapasos. - Cirugía ambulatoria.

9.1.2 ANEXO 2

Clasificación de estado físico preoperatorio

ASA-PS	Estado físico preoperatorio	Ejemplos
ASA-PS I	Paciente sano	Saludable, no fumador, no o mínimo bebedor de alcohol
ASA-PS II	Paciente con enfermedad sistémica leve	Enfermedades leves pero sin limitaciones funcionales. Fumador, bebedor de alcohol, embarazo, obesidad, diabetes mellitus, hipertensión arterial bien controladas, enfermedad pulmonar leve
ASA-PS III	Paciente con enfermedad sistémica grave	Una o más enfermedades moderadas a severas con limitación funcional. Diabetes mellitus o hipertensión arterial mal controlada, obesidad mórbida, hepatitis activa, alcoholismo, marcapaso, moderada reducción de la fracción de eyección, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, insuficiencia renal crónica, infarto al miocardio > 3 meses
ASA-PS IV	Paciente con enfermedad sistémica grave que es una amenaza constante para la vida	Enfermedad grave mal controlada o en etapa final, incapacitante, posible riesgo de muerte. Infarto al miocardio < 3 meses, isquemia cardíaca permanente o disfunción severa de la válvula, reducción severa de la fracción de eyección, sepsis, insuficiencia renal crónica no sometidos a diálisis regularmente programada, coagulación intravascular diseminada
ASA-PS V	Paciente moribundo que no se espera que sobreviva en las siguientes 24 horas con o sin cirugía	Riesgo inminente de muerte
ASA-PS VI	Paciente declarado con muerte cerebral cuyos órganos serán removidos para donación	Ruptura de aneurisma abdominal o torácico, trauma masivo, hemorragia intracraneal, isquemia intestinal, o disfunción orgánica múltiple Donador de órganos

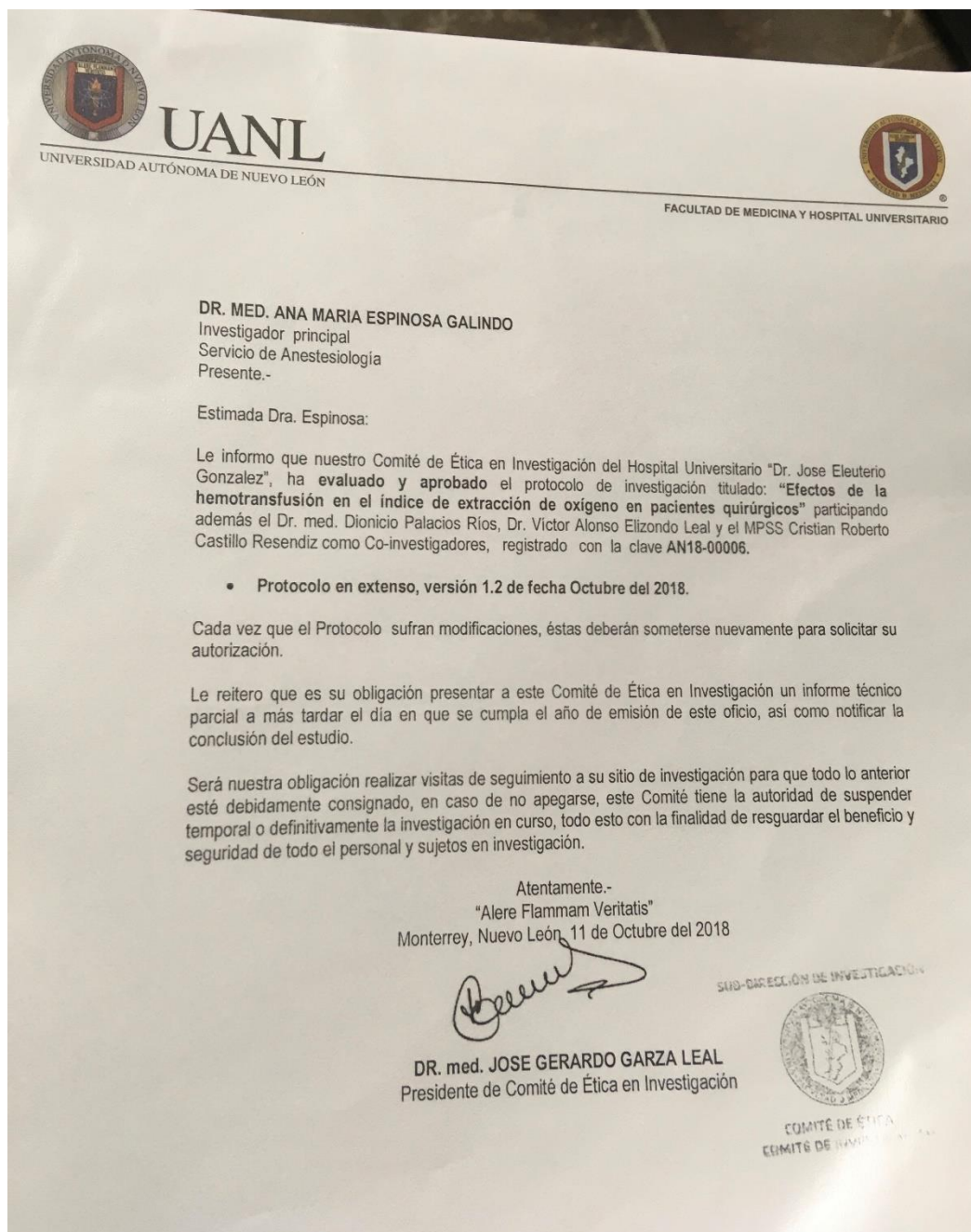
La adición de «E» denota la cirugía de emergencia (una emergencia se define como existente cuando la demora en el tratamiento del paciente conduciría a un aumento significativo de la amenaza a la vida o parte del cuerpo).

9.1.3 ANEXO 3

Definición de sangrado masivo

Reposición de una volemia* igual o superior en un intervalo de 24 h
Transfusión de 10 CH o más en 24 h o 30 hemocomponentes o más en 30 días
Pérdidas del 50% o más de la volemia en 3 h o menos o reposición de 4 CH o más en menos de 1 h con alta probabilidad de precisar más unidades
Pérdidas superiores a 150 ml/min o 1,5 ml/kg/min o más durante más de 20 min (más de 150 ml/kg de peso)
*El 7% del peso ideal en adultos y el 8-9% en niños. CH: concentrado de hematíes.

9.1.3 ANEXO 4



CAPITULO X

10.1 Referencias

1. *Nelson MT, Spencer CC, Thompson A. 2014 ACC / AHA Guideline on Perioperative Cardiovascular Evaluation and Management of Patients Undergoing Noncardiac Surgery. 2014;64.*
2. *American Society of Anesthesiologists ASA physical status classification system. Last approved by the ASA House of Delegates on October 15, 2014.*
3. *Kozek-langenecker SA, Afshari A, Albaladejo P, Aldecoa C, Santullano A, Haas T, et al. Management of severe perioperative bleeding Guidelines from the European Society of Anaesthesiology. Eur J Anaesthesiol. 2013;(30):270–382.*
4. *Practice Guidelines for Perioperative Blood Management: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Blood Management. Anesthesiology. 2015;122(2):241–75.*
5. *The National Blood Authority . Patient Blood Management Guidelines: Module 2 – Perioperative. Canberra, Australia: National Health Medical Research Council; 2012.*
6. *de Benoist B, McLean E, Egli I, Cogswell M, eds. Worldwide Prevalence of Anaemia 1993–2005. Geneva: World Health Organization, 2008.*
7. *Llau JV. Tratado de medicina transfusional perioperatoria. 1a edición. Elseiver española.*

8. Vamvakas EC, Blajchman MA. Transfusion-related mortality: the ongoing risks of allogeneic blood transfusion and the available strategies for their prevention. *Blood* 2009;113: 3406-17.
9. Paul C. Hébert, M.D., George Wells, Ph.D., Morris A. Blajchman, M.D., John Marshall Md, Claudio Martin, M.D., Giuseppe Pagliarello, M.D. et al. A Multicenter , Randomized , Controlled Clinical Trial Of Transfusion Requirements In Critical Care. *N Engl J M.* 1999;340(6):409–17.
10. Corwin HL, Gettinger A, Pearl RG, Fink MP, Levy MM, Abraham E, et al. The CRIT Study: Anemia and blood transfusion in the critically ill—Current clinical practice in the United States*. *Crit Care Med.* 2004;32(1):39–52. .
11. Stokes EA , Wordsworth S , Staves J , et al . Accurate costs of blood transfusion: a microcosting of administering blood products in the United Kingdom National Health Service. *Transfusion* 2018;58:846–53.
12. Shander A , Hofmann A , Ozawa S , et al . Activity-based costs of blood transfusions in surgical patients at four hospitals. *Transfusion* 2010;50:753–65.doi:10.1111/j.1537-2995.2009.02518.x.
13. Sánchez AS, González NP, Alvarez VJC. Costos en la transfusión sanguínea. *Rev Mex Anest* 2000; 23 (2).
14. Elizabeth A. Stokes, Sarah Wordsworth, Julie Staves, Nicola Mundy, Jane Skelly, Kelly Radford, Simon J. Stanworth. Accurate costs of blood transfusion: a microcosting of administering blood products in the United Kingdom National Health Service. *Transfusion.* 2018 Apr;58(4):846-853.

15. Pape A, Stein P, Horn O, Habler O. Clinical evidence of blood transfusion effectiveness. *Blood Transfus.* 2009;7(4):250–8.
16. Treacher DF, Leach RM. ABC of oxygen: Oxygen transport---1. Basic principles. *Bmj [Internet]*. 1998;317(7168):1302–6. Available from: <http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.317.7168.1302>.
17. Orlov D, Farrell RO, McCluskey SA, Carroll J, Poonawala H. The clinical utility of an index of global oxygenation for guiding red blood cell transfusion in cardiac surgery David. *Transfusion.* 2009;49(April):682–8.
18. Kipnis E, Ramsingh D, Bhargava M, Dincer E, Cannesson M, Broccard A, et al. Monitoring in the intensive care. *Crit Care Res Pract.* 2012;2012. .
19. Bloos F, Reinhart K. Venous oximetry. *Appl Physiol Intensive Care Med 1 Physiol Notes - Tech Notes - Semin Stud Intensive Care, Third Ed.* 2012;59–61. .
20. Reinhart K, Kuhn H-J, Hartog C, Bredle D. Continuous central venous and pulmonary artery oxygen saturation monitoring in the critically ill. *Intensive Care Med [Internet]*. 2004;30(8):1572–8. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00134-004-2337>.
21. Dueck MH, Klimek M, Appenrodt S, Weigand C, Boerner U. Trends but not individual values of central venous oxygen saturation agree with mixed venous oxygen saturation during varying hemodynamic conditions. *Anesthesiology.* 2005;103(2):249–57. .

22. *Residente E, Román-vistraín G, Muñoz-ramírez CM, Márquez-gonzález H, Zárate-castañón P, Márquez-gonzález H, et al. Valoración hemodinámica durante la guardia. 2015;69–76. .*
23. *Bana Nasser, Mohmad Tageldein, Mohammad Kabbani, and Abdulrahman Al Mesned, “Effects of blood transfusion on oxygen extraction ratio and central venous saturation in children after cardiac surgery,” Annals of Saudi Medicine, vol. 37, no. 1, pp. 31–37, 201.*
24. *Sehgal LR, Zebala LP, Takagi I, Curran RD, Votapka TV, Caprini JA. Evaluation of oxygen extraction ratio as a physiologic transfusion trigger in coronary artery bypass graft surgery patients. Transfusion 2001; 41(5):591–5.*
25. *Ranucci M, Aronson S, Dietrich W et al. Patient blood management during cardiac surgery; Do we have enough evidence for clinical practice. J Thoracic Cardiovasc Surg. 2011;142(2):249.*
26. *Scheinman MM, Brown MA, Rapaport E. Critical assessment of use of central venous oxygen saturation as a mirror of mixed venous oxygen in severely ill cardiac patients. Circulation 1969; 40(2):165–72.*
27. *Silverman H. Lack of a relationship between induced changes in oxygen consumption and changes in lactate levels. Chest. 1991, 100:1012–1015 .*
28. *Mattias Casutt, MD; Burkhardt Seifert, PhD; Thomas Pasch, MD; Edith R. Schmid, MD; Marko I. Turina, MD; Donat R. Spahn, MD Factors influencing the individual effects of blood transfusions on oxygen delivery and oxygen consumption. . Critical Care Medicine 1999; 27:2194–2200.*

29. Van der Linden P, Vincent JL: *Effects of blood transfusion on oxygen uptake: Old concepts adapted to new therapeutic strategies. Crit Care Med* 1997; 25:723–724.
30. Tinmouth A, Fergusson D, Yee IC, Hebert PC. *Clinical consequences of red cell storage in the critically ill. Transfusion* 2006;46(11):2014–27.
31. Shepherd AP, Granger HJ, Smith EE, Guyton AC. *Local control of tissue oxygen delivery and its contribution to the regulation of cardiac output. Am J Physiol* 1973; 225: 747–55.
32. Ranucci M, Aronson S, Dietrich W et al. *Patient blood management during cardiac surgery; Do we have enough evidence for.*